

УДК 628.9.03

СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

**А. В. Тепикина¹, В. С. Костров², Н. О. Прохоренков³,
В. Н. Самойлов⁴, С. Г. Власова⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ anna.tepikinaa@gmail.com

Аннотация. Синтезированы и исследованы литий-боратные стекла, активированные ионами европия и самария, для «связывания» кристаллического люминофора в светодиодах. Отработан режим спекания стекольной фритты с тонкодисперсным алюмоиттриевым гранатом. Измерены спектральные характеристики полученных люминесцирующих композитов, рассмотрены диаграммы цветности.

Ключевые слова: стеклокристаллический композит, алюмоиттриевый гранат АИГ, литий-боратное стекло, светодиод, диаграмма цветности, РЗЭ

GLASS-CRYSTAL COMPOSITES FOR CREATING ENERGY-EFFICIENT WHITE LIGHT-EMITTING DIODES

**A. V. Tepikina¹, V. S. Kostrov², N. O. Prohorenkov³,
V. N. Samoylov⁴, S. G. Vlasova⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ anna.tepikinaa@gmail.com

Abstract. Lithium-borate glasses doped with oxide and samarium oxide for “binding” crystal phosphor in light-emitting diodes have been synthesized and studied. The sintering mode of glass Frit with fine aluminum-yttrium garnet has been worked out. The spectral characteristics of the obtained luminescent composites are measured, and the chromaticity diagrams are considered.

Keywords: luminescent composite, yttrium-aluminum garner, lithium-borate glass, light-emitting diode, rarely-earth elements (REE)

Одним из перспективных путей энергосбережения является применение светодиодов. Светодиоды качественно отличаются от ламп накаливания, газоразрядных (люминесцентных) ламп.

Светодиод или светоизлучающий диод (Light-emitting diode, LED) — полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом или контактом «металл — полупроводник», создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра, в частности его спектральные характеристики зависят от химического состава использованных в нем полупроводников [1].

Люминофорами называют вещества, способные преобразовывать поглощаемую им энергию в световое излучение — люминесцировать под действием различного рода возбуждений. Применение порошковых люминофоров для создания твердотельных источников света связано с использованием клея на органической основе, что ограничивает их температурный диапазон применения. Люминофор, заключенный в стеклянную теплоотводящую матрицу, более термо- и химически стабилен [2; 3]. Кроме того, можно использовать люминесцирующее стекло для преобразования определенного лазерного излучения в видимую область спектра.

Для решения этой проблемы ведется разработка люминесцирующего композита типа «люминофор в стекле». Синтезированы стекла на литий-боратной основе с добавками редкоземельных оксидов: $B_2O_3-Li_2O$ в соотношении 70: 30 и оксид Eu_2O_3 или Sm_2O_3 . Синтезированные стекла исследовали с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и дилатометрии.

Технология спекания композита с люминофорами «алюмоиттриевый гранат» (АИГ): Ce^{3+} с максимумами излучения на длинах волн 525 нм (LE-525) и 570 нм (LE-570) [4] отрабатывается с учетом многих составляющих (свойств стекла, размеров гранул, процентного соотношения стекло — люминофор, способа перемешивания, уплотнения структуры прессованием, легирования стекла редкоземельными элементами).

Измельчение проводилось на установке Fritsch PULVERISETTE 7; спекание — в муфельной печи при температуре 750 °С. Структура композитов рассматривалась на микроскопе Levenchuk D870T. Оптическая микроскопия показала близость показателей преломления выбранных стекол и люминофоров. Спеченные однородные образцы были подвергнуты спектральному анализу с помощью волоконно-оптического спектрометра USB4000-UV-VIS. Спектральные характеристики луч-

ших образцов (стекла содержат оксид самария) имеют максимум излучения на $\lambda = 570$ нм. Цвет излучения других композитов, содержащих в составе стекла оксид европия, имел слабые цветные оттенки. На рис. 1 представлены их диаграммы цветности.

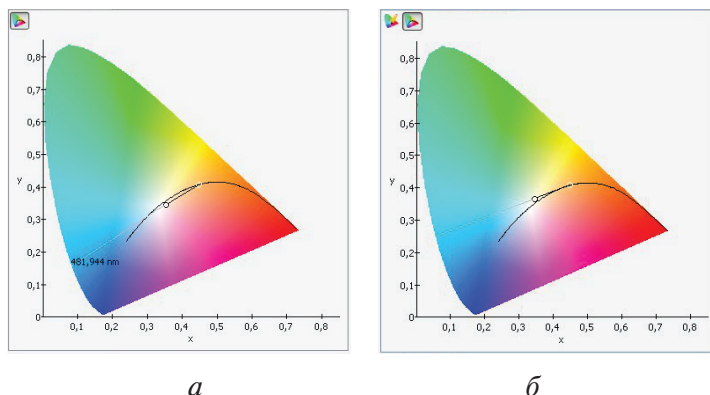


Рис. 1. Диаграммы цветности композитов $\text{Li}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{:Eu}$ (а) и $\text{Li}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{:Sm}$ (б)

В результате анализа спектральных данных установлено, что образец, состоящий из стекла $\text{Li}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{:Sm}$ и люминофоров LE 525 и LE 570, излучает истинный белый свет, сопоставимый с источником излучения, и имеет цветовую температуру 5079 К, индекс цветопередачи составил 63,5.

Можно сделать вывод, что этот вид источников света имеет высокий КПД, большой срок эксплуатации, потребляет малое количество электроэнергии.

Список источников

1. Шуберт Ф. Е. Светодиоды. М. : Физмалит, 2008. 496 с.
2. Неорганические люминофоры / О. Н. Казанкин [и др.]. Л. : Химия, 1975. 192 с.
3. Nishiura S., Tanabe S. Preparation and optical properties of Eu^{2+} and Sm^{3+} co-doped glass ceramic phosphors emitting white color by violet laser excitation [Electronic resource] // Journal of the Ceramic Society of Japan. 2008. Vol. 116, Iss. 1358. P. 1096–1099. DOI: 10.2109/jcersj2.116.1096 (date of access: 10.11.2020).
4. Ковтун Г. П. Иттрий-алюминиевый гранат с неодимом: методы выращивания и свойства монокристаллов / Г. П. Ковтун, А. И. Кравченко, А. П. Щербань // Препринт ХФТИ. 2004. № 2. С. 14–30.